ÜBER DEN NATÜRLICHEN FLUORIDGEHALT IM TRINKWASSER DES RECHTSRHEINISCHEN GROSSRAUMES BONN UND DES RECHTSRHEINISCHEN RHEIN–SIEG–KREISES IM VERGLEICH ZU HANDELSÜBLICHEN MINERALWÄSSERN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
JOACHIM WEGENER
aus Oberhausen

Bonn 1979

ÜBER DEN NATÜRLICHEN FLUORIDGEHALT IM TRINKWASSER DES RECHTSRHEINISCHEN GROSSRAUMES BONN UND DES RECHTSRHEINISCHEN RHEIN–SIEG–KREISES IM VERGLEICH ZU HANDELSÜBLICHEN MINERALWÄSSERN

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich - Wilhelms - Universität
zu Bonn

vorgelegt von
JOACHIM WEGENER
aus Oberhausen

Bonn 1979

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. W. Hoppe
2. Gutachter: Prof. Dr. E. Sauerwein

Aus der Universitäts- und Poliklinik für
Mund-, Zahn- und Kieferkrankheiten Bonn

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Druck: Richard Schwarzbold, 5305 Witterschlick b. Bonn

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit !

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546505_0016

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	S. 4
MATERIAL UND METHODE	S. 8
ERGEBNISSE	S. 14
BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE UND DISKUSSION	S. 25
ZUSAMMENFASSUNG	S. 29
LITERATURVERZEICHNIS	S. 30
LEBENSLAUF	S. 34

EINLEITUNG

Im Rahmen der Kariesprophylaxe spielt die Applikation von Fluoriden eine bedeutende Rolle. Daß Fluoride ein wirksames Mittel zur "Härtung" des Zahnschmelzes sind, war schon im vorherigen Jahrhundert bekannt. So empfahl der Freiburger Arzt ERHARD bereits 1874 die Karies mit Hilfe von "Fluortabletten" einzudämmen. In diesem Jahrhundert entwickelte sich jedoch die Trinkwasserfluoridierung zum Mittel der Wahl, da im Gegensatz zur individuellen Kariesprophylaxe auf diese Weise größere Bevölkerungskollektive in die Fluoridprophylaxe einbezogen werden können. Im Report der WHO (Report 146) aus dem Jahr 1958 wird auf die Unbedenklichkeit der Fluoridanreicherung im Trinkwasser hingewiesen. Eine Erklärung über die Ungefährlichkeit der Trinkwasserfluoridierung ist auch von der Gesellschaft für Toxikologie herausgegeben worden, in der sie der Erklärung der WHO zustimmt (1969).

Nach HÜRNY (1974) werden mittlerweile 150 Millionen Menschen mit Hilfe von Trinkwasser, Kochsalz oder Tabletten fluoridiert. Dabei wird eine Dosis von 1,0 - 1,5 mg Fluorid/die angestrebt. Trinkwasser mit einem geringeren Fluoridgehalt als 1 mg/l wird als fluordefizitär angesehen.

In den USA konnte sich die Trinkwasserfluoridierung bereits seit 1945 in Versuchen bewähren. Westeuropa folgte nur zögernd den Empfehlungen. Im Jahr 1972 wurden etwa 3 Millionen Holländer (PLASSCHAERT 1972), 1,2 Millionen Iren, 2,3 Millionen Briten (JAMES 1970) mit fluoridiertem Trinkwasser versorgt. KÜNZEL (1972) berichtet, daß in osteuropäischen Gebieten ungefähr 13,5 Millionen Menschen fluoridiertes Wasser erhalten. In Irland wurde nach den Bestimmungen des "HEALTH ACT" von 1960 die Fluoridierung zwingend vorgeschrieben (Europakomitee für das Gesundheitswesen - zitiert von NAUJOKS und MARTIN 1974). Im Jahr 1952 versorgte die Stadt Kassel einen Stadtteil mit fluoridiertem Trinkwasser, nach 2 1/2 Jahren konnte festgestellt werden,

daß der Karieszuwachs um die Hälfte niedriger lag als bei der Kontrollgruppe (HORNUNG 1955, 1957).

Die Diskussion über die Ungefährlichkeit verstummte jedoch nie. So wird in den letzten Jahren von "Krebsgefahr, Vergiftung der Bevölkerung" berichtet und die Anwendung von Fluoridtabletten als unwirksam dargestellt (HÜRNY 1974).

Untersuchungen in Gebieten, in denen der Fluoridgehalt des Trinkwassers von Natur aus über 1,0 ppm F^- lag, ergaben, wie das Beispiel Vordingborg in Dänemark zeigt, daß die Kariesanfälligkeit der Kinder in diesem Gebiet erheblich niedriger war als in Hamburg (HOLM 1974). Außerdem kann festgestellt werden, daß die Bevölkerung, die seit Generationen in solchen Regionen lebt, keine gesundheitlichen Schäden davonträgt, so zum Beispiel die Bewohner von Seefeld oder Mallnitz in Österreich (HÜRNY 1974).

In der Tat liegt jedoch hinsichtlich der Trinkwasserfluoridierung ein großes Problem auf der Hand. Bei einer Vielzahl von Wasserwerken, so wie es in der Bundesrepublik der Fall ist, bedeutet eine generelle Fluoridierung des Trinkwassers eine technisch schwer zu lösende Aufgabe. Großstädte und Großgemeinden verfügen meist über ein zentrales Wasserwerk, jedoch gibt es eine hohe Anzahl kleinerer Gemeinden, die sich durch eigene Brunnen und Pumpwerke versorgen und nicht ihr Wasser aus großen Reservoiren beziehen. Zwar war es möglich, einige Probleme in letzter Zeit zu lösen (SCHAEFFER 1974), es erhebt sich aber dennoch die Kostenfrage, gerade bei kleineren Gemeinden, hinsichtlich der technischen Einrichtungen, des Fachpersonals und der Verantwortung. Aus diesem Grunde und auch aus der Befürchtung, daß die Fluoridierung des Trinkwassers ein erster Schritt auf dem Weg, medikamentöse Substanzen dem Trinkwasser zuzusetzen, sein könnte, findet die Trinkwasserfluoridierung bei bestimmten Kreisen der Bevölkerung keinen Zuspruch. Demgegenüber wird in der Bundesrepublik Deutschland die Kariesprophylaxe

mit Fluoridtabletten, -pasten und -gelen eher für unbedenklich gehalten. Die Fluoridierung wurde in der Schweiz erprobt und propagiert (WESPI 1956), jedoch erwies sich die Dosierung als schwierig und ungenau, Säuglinge und Kleinkinder erhielten durch geringe Salzaufnahme kaum Fluoride. Die täglich mit der Nahrung aufgenommene Menge an Fluoriden beträgt ungefähr 0,5 mg (SAUERWEIN 1972). In Gegenden mit hoher Emission von F^--haltigem Staub durch Aluminiumwerke, Ziegeleien sowie Steinkohle verbrennende Betriebe (BORCHERT 1953, CHOLAK 1959, BRANDTNER 1971) liegt die tägliche Fluoridaufnahme wesentlich höher.

Bei der Applikation von Fluoridtabletten wird eine Menge von 1 mg F^-/die empfohlen. Neben der durch die Nahrung aufgenommenen Fluoridmenge sollte jedoch auch dem Trinkwasser mit seinem natürlichen Gehalt an Fluoriden Beachtung geschenkt werden. Dieses unterstrich BINDER (1973) in seiner Arbeit über den Fluoridgehalt der Trinkwässer in Österreich als Voraussetzung für die Kariesprophylaxe. Die Dosierung der Fluoridtabletten könnte dann den individuellen Umständen angepaßt werden. Es entstanden in den Jahren 1955 bis 1972 Fluorkataster für die gesamte Republik Österreich, die auch weiterhin durch Nachuntersuchungen und Neuuntersuchungen berichtigt und ergänzt wurden. Zusätzlich wurden nach Angaben von BINDER (1973) durch SCHEMINSKY Erforschungen über den Fluorgehalt österreichischer Mineralwässer angestellt, da diese häufig über einen relativ hohen Fluoridgehalt verfügen.

Auch in der Bundesrepublik Deutschland wurden Fluorkataster in bestimmten Regionen angelegt. So erstellten WEIDNER und BÖSSMANN 1974 ein umfassendes Fluoridkataster für Schleswig-Holstein QUENTIN (1957) untersuchte die Gewässer Bayerns, KAUFMANN und HEESCH (1953) Wässer in Nordrhein-Westfalen, HAAK und ZIMMERMANN (1952) im rheinisch-westfälischen Industriegebiet, GAD (1950) in Berlin, VUCELZIC (1954) in Niedersachsen. In der DDR veröffentlichte HENKEL (1961) seine Ergebnisse über den Fluorid-

gehalt in den Trinkwässern Thüringens. HERMANNS stellte 1963 Untersuchungen über den Fluoridgehalt im Trinkwasser des Umkreises von Bonn zwischen Köln und dem Neuwieder Becken an, wobei der Zusammenhang zwischen der geologischen Beschaffenheit des gesamten Gebietes und dem Fluoridgehalt des Wassers besonders berücksichtigt wurde.

In dieser Arbeit soll für den rechtsrheinischen Großraum Bonn und den rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreis ein systematisches, umfassendes Kataster erstellt werden. Außerdem werden auch verschiedene Mineralwässer auf ihren natürlichen Fluoridgehalt untersucht, da sie bei der täglichen Flüssigkeitsaufnahme des Menschen durchaus eine wesentliche Rolle spielen können.

MATERIAL UND METHODE

A.) Methodik und Meßgeräte

B.) Wasserbeschaffung und Gang der Untersuchung

A. Methodik und Meßgeräte

Zum Fluoridnachweis in Trinkwasserproben können verschiedene Methoden zur Anwendung kommen, so zum Beispiel kolorimetrische Verfahren, bei denen Fluorid eine Entfärbung einer Zirkonium Alizarin-Sulfonat Mischung (MEGREGIAN, MAIER 1952); statt oben genannter Mischung können auch Zirkonium-Eriochrom-Cyanin R (MEGREGIAN, SARMA 1964), S P A D N S (BELLACK, SCHOUBE 1958) sowie Thorium Verbindungen (HLUCHAN, MAYER (1963/64), BROWNLEY/HOWLE (1960), REZAK/DITZ (1962)) benutzt werden. Außerdem werden noch Destillationsverfahren (1965) sowie insbesondere in letzter Zeit das von FRANT und ROSS (1966) entwickelte Verfahren mittels einer fluoridsensitiven Elektrode angewendet.

Die Vorteile der zuletzt erwähnten Methode liegen bei der hohen Genauigkeit, einer einfachen und schnellen Untersuchungsart und bei einer geringeren Störanfälligkeit gegenüber anderen Ionen (CROSBY u. Mitarb. 1968) in der Versuchslösung.

Aus diesen Gründen wird der Fluoridgehalt der im folgenden aufgeführten Wasserproben mit dem fluoridsensitiven Meßsystem von ORION nachgewiesen.

Aus dem ORION Programm benutzte ich:

	Fluoridsensitive Elektrode	Modell 94-09
	Bezugselektrode	Modell 90-01
und das	Digitalmillivoltmeter	Modell 701

Ferner benötigte ich ein thermostatisch reguliertes Wasserbad mit einer Genauigkeit von $\pm$ 0,5 Grad Celsius und einen wärmeisolierten Magnetrührer der Fa. KMO.

Die fluoridsensitive Elektrode zeigt ein Potential an, das proportional ist zum Logarithmus der Aktivität (ORION), d.h. je höher die Konzentration ist, desto negativer ist das Potential.

Die untere Nachweisgrenze der Elektrode liegt bei einer Fluoridionenkonzentration von 10^{-6} M F^-, das entspricht etwa 0,02 ppm F^-. Sämtliche Wasserproben der von mir untersuchten Wässer hatten eine höhere Fluoridkonzentration.

Mit einer Standardlösung von 10^{-1} M F^- (1900 ppm F^-) wurde eine Verdünnungsreihe bis zu 10^{-6} M F^- hergestellt, die zur Eichung des Gerätes und zur Aufstellung einer Eichkurve diente. Dabei wurde das Elektrodenpotential gegen die Fluoridkonzentration gemessen und auf halblogarithmischem Papier aufgetragen.

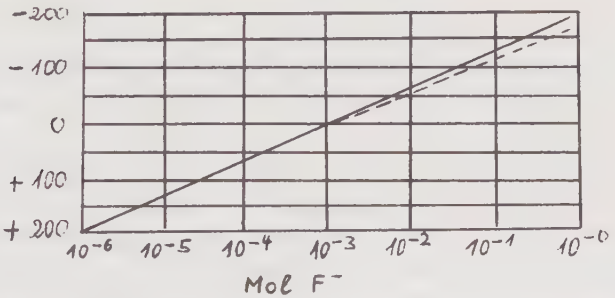

Abb. 1: Typische Eichkurve als Funktion von Elektrodenpotential und Fluoridionenaktivität. Man beachte, daß im Bereich von 10^{-6} bis 10^{-3} M F^- die Aktivität (ununterbrochene Linie) der Konzentration (strichlierte Linie) entspricht (Betriebsanleitung ORION).

Die Eichlösungen wurden in Polyäthylenflaschen aufbewahrt, um die Absorbtion von Fluoriden zu verhindern. Die Meßgenauigkeit des Gerätes wurde regelmäßig überprüft, um die Empfindlichkeit der Elektrode unter Kontrolle zu halten.

Um den Gesamtfluoridgehalt und nicht nur die freien Fluoriden erfassen zu können, mußte den Proben ein Puffer zugesetzt werden, der es erlaubt, auch Komplexverbindungen des Fluors an Eisen, Aluminium und anderen Ionen zu spalten. Über die Einflüsse von Aluminium und Metaphosphaten sowie von Sulfaten, Chloriden und Calciumhärte wurden von CROSBY und Mitarb. (1968) Untersuchungen angestellt; hierbei bewährte sich die Verwendung eines Puffers, bestehend aus Phosphat, Citrat und EDTA zur Spaltung der Komplexe. Bei vorliegenden Trinkwasseruntersuchungen fand der auch von FRANT und ROSS (1968) erwähnte "TISAB" Verwendung. Dieser wird hergestellt aus:

Lösung A : 500 ml H_2O
57 ml CH_3COOH
56 g NaCl

Lösung B : 36 g Titriplex IV in 200 ml NaOH

22 ml Lösung B (entsprechend 4 g Titriplex IV) werden in Lösung A gegeben und mit 5n NaOH Lösung auf pH 5,0 bis 5,5 eingestellt; anschließend wird mit Aqua dest. auf 1000 ml aufgefüllt.

Alle Messungen wurden grundsätzlich bei einer konstanten Temperatur von 25°C durchgeführt, da sich das Potential der Vergleichelektrode auf Grund des Löslichkeitsgleichgewichts bei Temperaturerhöhung oder -erniedrigung ändert. Die konstante Temperatur war durch das thermostatisch geregelte Wasserbad gewährleistet. Die Untersuchungszeit jeder Probe betrug 15 Minuten, obgleich die Ansprechzeit der Elektrode durch den Gebrauch eines Magnetrührers verringert wurde.

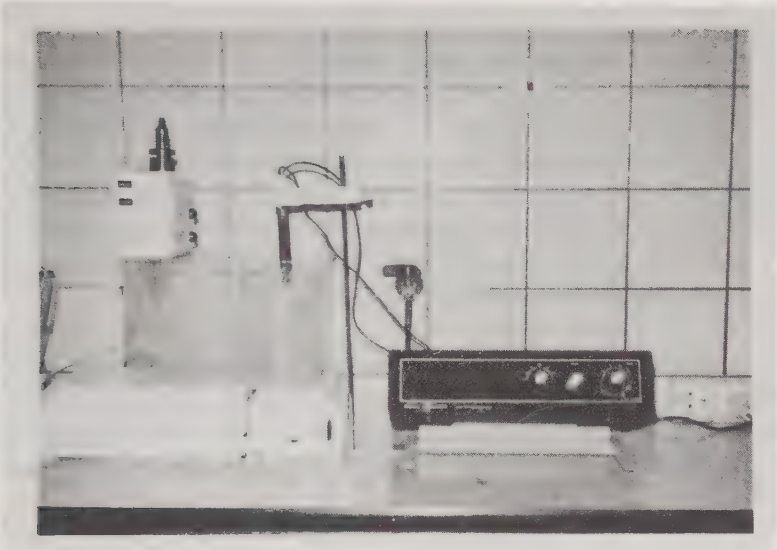

Abb. 2: Versuchsanordnung der fluoridsensitiven Meßeinrichtung.

Links: Magnetrührer, Wasserbad und Elektroden
Rechts: Digitalmillivoltmeter (ORION)

B. Materialbeschaffung

Durch das Wasserwirtschaftsamt konnte eine genaue Auflistung aller Wasserwerke und noch im Betrieb stehender Brunnen kleinerer Gemeinden im rechtsrheinischen Großraum Bonn und rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreis beschafft werden. Die Wasserwerke wurden vorher informiert, damit eventuell stillstehende Brunnen, die zur Zeit nicht förderten, abgepumpt werden konnten, und auch aus diesen eine Probe fließenden und nicht abgestandenen Wassers entnommen werden konnte.

Die einzelnen Proben wurden entweder aus den Brunnenbecken geschöpft oder von direkten Brunnenleitungen in Polyähtylenflaschen abgefüllt. Bei Gemeinden, die nicht über eigene Brunnen verfügten, konnte das Wasser dem Leitungsnetz entnommen werden.

Bei den Mineralwässern handelt es sich um handelsübliche Abfüllungen in Glasflaschen.

Sämtliche Proben wurden am Tage der Entnahme untersucht, alle Polyäthylenflaschen mit Aqua dest. und Aqua bidest. gereinigt und anschließend getrocknet.

Untersuchungsablauf

50 ml der Trinkwasserproben wurden mit 50 ml TISAB in ein Polyäthylengefäß gegeben. Das Gefäß befand sich in einem Wasserbad von 25°C, die Probe wurde von einem Magnetrüher durchmischt. Erst nachdem die Testlösung auf 25°C eingestellt war, wurden die Elektroden in die Probe getaucht und 15 Minuten später das Ergebnis in mV abgelesen und notiert. Die Fluoridkonzentration wurde an Hand des Potentials in Mol/l der Eichkurve entnommen und in ppm F^- umgerechnet. Zur Kontrolle wurden einzelne Wasserproben nach einigen Stunden nochmals nachgemessen,

jedoch konnten keine Abweichungen von den vorangegangenen Ergebnissen festgestellt werden. Bei den Mineralwässern wurden jeder Flasche 200 ccm entnommen, eventuell vorhandene Kohlensäure durch Ausschütteln entfernt, und eine Probe von 50 ml wie oben beschrieben untersucht.

Von sämtlichen Proben wurde der jeweilige pH-Wert bestimmt, hierzu wurde das pH-Meter der Fa. POLYMETRON Ltd. TYP 55 benutzt.

ERGEBNISSE

A.) An Wasserwerke bzw. Wasserleitungsverbände oder Wasserleitungsvereine angeschlossene Brunnen und Quellen für die Trinkwasserversorgung.

B.) Mineralwässer

Ad. A.)

Von 32 Wasserwerken bzw. Trinkwasserversorgungsanlagen des rechtsrheinischen Großraumes Bonn und des rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreises wurden insgesamt 49 Wasserproben aus verschiedenen Brunnen, Quellen und Wasserleitungen entnommen und ihr Fluoridgehalt quantitativ bestimmt.

Im einzelnen sind die Ergebnisse auf den folgenden Seiten 16 bis 21 tabellarisch (Tabellen 1 - 6) aufgeführt. In der linken Spalte dieser Tabellen ist die jeweilige Herkunft der Wasserproben angegeben. In den daneben befindlichen 3 Spalten ist, ausgehend von den Millivoltwerten, welche das Digitalmillivoltmeter als Ausdruck für Ionenstärke der Fluoridionen in den jeweiligen Proben anzeigte, der Fluoridgehalt in Mol/l F^- bzw. ppm F^- dargestellt. In der nächsten Spalte sind die pH-Werte der verschiedenen Wasserproben wiedergegeben. Sie geben Aufschluß über die Wasserstoffionenkonzentration, die dem jeweiligen Wasser natürlicherweise zu Grunde liegen. In der letzten Spalte ist die Wasserqualität aufgezeigt, wobei folgende Qualitäten unterschieden werden:

a.) Rohwasser: Reinwasser, d.h. daßdieses Wasser ohne physikalisch-chemische Aufbereitung direkt dem Verbraucher zugeführt wird.

b.) Oberflächenwasser: Wasser des Wahnbachtalsperrenverbandes (WTV) sowie des Aggertalsperrenverbandes (ATV).

c.) Quellwasser: Wasser, das direkt der sprudelnden Quelle entnommen wurde.

In der vorletzten Spalte ist die jeweilige Brunnentiefe angegeben, soweit sie den einzelnen Wasserwerken bekannt ist. Einige Wasserwerke verfügen noch über einige weitere Brunnen, diese sind aber als Reserve bestimmten Krisenfällen vorbehalten, wie zum Beispiel Zeiten akuten Wassermangels bei Dürre oder bei bestimmten Katastrophenfällen.

Tabelle 1

Wasserwerke	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	Brunnentiefe	Wasserqualität
Wasserwerk Meindorf Brunnen 1	+ 151	$10^{-5,04}$	0,173	6,4	13 m	Rohw.
Brunnen 4	+ 160	$10^{-5,15}$	0,135	6,8	13 m	Rohw.
Wasserwerk Troisdorf Brunnen 1	+ 168	$10^{-5,24}$	0,109	7,5	8 m	Rohw.
Brunnen 2	+ 169	$10^{-5,25}$	0,107	7,6	12 m	Rohw.
Wasserwerk Sieglar Brunnen 1	+ 158	$10^{-5,12}$	0,144	7,1	28 m	Rohw.
Brunnen 2	+ 162	$10^{-5,18}$	0,126	7,3	28 m	Rohw.
Wasserwerk Niederkassel Brunnen 1	+ 163	$10^{-5,19}$	0,123	6,8	14 m	Rohw.
Brunnen 2	+ 166	$10^{-5,22}$	0,114	6,9	14 m	Rohw.
Brunnen 3	+ 167	$10^{-5,23}$	0,112	6,7	14 m	Rohw.

Tabelle 2

Wasserwerke	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	Brunnentiefe	Wasserqualität
Rhenag Königswinter Brunnen 1	+ 149	$10^{-5,02}$	0,181	6,8	14 m	Rohw.
Brunnen 2	+ 148	$10^{-5,01}$	0,186	6,8	14 m	Rohw.
Brunnen 3	+ 146	$10^{-5,0}$	0,190	6,5	14 m	Rohw.
Brunnen 4	+ 145	$10^{-4,95}$	0,213	6,5	14 m	Rohw.
Wasserbeschaffungsamt Thomasberg Brunnen 1	+ 156	$10^{-5,1}$	0,151	6,8	35 m	Rohw.
Brunnen 2	+ 151	$10^{-5,04}$	0,173	6,8	55 m	Rohw.
Bad Honnef AG Brunnen 1	+ 145	$10^{-4,95}$	0,213	6,8	23 m	Rohw.
Hennef AG WTV	+ 167	$10^{-5,23}$	0,112	7,8	-	Oberflw.

Tabelle 3

Wasserwerke	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	Brunnentiefe	Wasserqualität
Wasserleitungsverband Sassenberg Brunnen 1	+ 175	$10^{-5,32}$	0,09	6,6	-	Rohw.
Wasserleitungsverband Dondorf Brunnen 1	+ 153	$10^{-5,06}$	0,165	6,9	-	Rohw.
Wasserleitungsverband Quirrenbach Brunnen 1	+ 154	$10^{-5,07}$	0,162	7,1	-	Rohw.
Wasserwerk St. Augustin/Quelle Scheurenmühle	+ 128	$10^{-4,48}$	0,629	6,8	-	Quelle

Tabelle 4

Wasserwerke	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	Brunnentiefe	Wasserqualität
St. Augustin Forts.						
Holzlar WTV	+ 160	$10^{-5,15}$	0,135	6,8	-	Oberflw.
Friedenstraße						
Brunnen 1	+ 146	$10^{-5,0}$	0,190	7,6	16 m	Rohw.
St. Augustin WTV	+ 162	$10^{-5,18}$	0,126	7,8	-	Oberflw.
Niederpleis						
Brunnen 1	+ 150	$10^{-5,03}$	0,177	6,5	-	Rohw.
Rhenag Siegburg WTV	+ 164	$10^{-5,2}$	0,120	7,8	-	Oberflw,
Gemeindewerk Lohmar WTV	+ 166	$10^{-5,22}$	0,114	7,7	-	Oberflw.
Wasserwerk Much ATV	+ 174	$10^{-5,26}$	0,104	8,0	-	Oberflw.

Tabelle 5

Wasserwerke	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	Brunnentiefe	Wasserqualität
Großgemeinde Windeck						
Hurst Brunnen 2/3	+ 159	$10^{-5,14}$	0,138	6,0	-	Rohw.
Hurst Brunnen 1	+ 175	$10^{-5,32}$	0,090	6,0	-	Rohw.
Hurst Brunnen 4	+ 175	$10^{-5,32}$	0,090	7,4	-	Rohw.
Hurst WTV	+ 176	$10^{-5,33}$	0,089	8,1	-	Oberflw.
Geilhausen Stollen	+ 151	$10^{-5,04}$	0,173	7,1	-	Rohw.
Wilbertshofen Brunnen 1	+ 167	$10^{-5,23}$	0,112	6,8	14 m	Rohw.
Wilbershofen Brunnen 2	+ 167	$10^{-5,23}$	0,112	6,8	14 m	Rohw.
Leuscheid WTV	+ 173	$10^{-5,29}$	0,097	7,6	-	Oberflw.
Mittelirsen WTV	+ 174	$10^{-5,3}$	0,095	7,7	-	Oberflw.
Herchen WTV	+ 174	$10^{-5,3}$	0,095	7,8	-	Oberflw.
Rosbach WTV	+ 174	$10^{-5,3}$	0,095	7,9	-	Oberflw.
Rosbach ATV	+ 178	$10^{-5,36}$	0,083	8,2	-	Oberflw.

Tabelle 6

Wasserwerke	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	Brunnentiefe	Wasserqualität
Großgemeinde Ruppichteroth						
Schonenberg WTV	+ 174	$10^{-5,3}$	0,095	7,8	-	Oberflw.
Retscherroth Brunnen 1	+ 180	$10^{-5,38}$	0,080	6,8	-	Rohw.
Gießelbach Brunnen 1	+ 193	$10^{-5,65}$	0,043	5,4	2 m	Rohw.
Belkum Brunnen 1	+ 187	$10^{-5,5}$	0,06	6,0	-	Rohw.
Hambuchen WTV	+ 173	$10^{-5,29}$	0,097	7,4	-	Oberflw.
Obersaurenbach Brunnen 1	+ 188	$10^{-5,53}$	0,056	6,0	-	Rohw.
Velken Brunnen 1	+ 180	$10^{-5,38}$	0,080	6,3	-	Rohw.
Gemeinde Eitorf-Rodder WTV	+ 176	$10^{-5,33}$	0,089	7,1	-	Oberflw.
Stadt Eitorf WTV	+ 168	$10^{-5,24}$	0,109	6,8	-	Oberflw.

B.) Mineralwässer

Insgesamt wurden 21 Mineralwässer der Fluoridbestimmung zugeführt. Hiervon stammten 19 aus der Bonner Umgebung und der Eifel, von den restlichen 2 hingegen stammt das unter der Bezeichnung "RHEINFELS QUELLE" hergestellte Mineralwasser aus Walsum und das als "EXTERTALQUELLE" bezeichnete Mineralwasser aus dem Teutoburger Wald. Der in den Mineralwässern nachgewiesene Fluoridgehalt ist auf den Seiten 23 und 24 tabellarisch (Tabelle 7 und 8) ausgehend von den jeweils angezeigten Millivoltwerten in Mol F^-/l und ppm F^- angegeben. Ebenso wie vorher bei den Trinkwasserproben wurde auch der pH-Wert bei allen Mineralwasserproben bestimmt.

Einige dieser Mineralwässer sind offensichtlich im Auftrag des Herstellers im Rahmen einer Gesamtanalyse auch hinsichtlich ihres Fluoridgehaltes untersucht worden. Sofern Angaben aus diesen Untersuchungen vorlagen, sind diese in der letzten Spalte der Tabellen aufgeführt.

Tabelle 7

Mineralwasser	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	angegeb. F^--Wert
APPOLLINARIS (Neuenahr)	+ 115	$10^{-4,28}$	0,997	5,7	0,56 mg F^-/l
BAD BREISIGER (Bad Breisig)	+ 112	$10^{-4,25}$	1,068	5,6	-
BROHLER WASSER (Brohl)	+ 128	$10^{-4,48}$	0,629	5,7	-
DAUNER SPRUDEL (Daun)	+ 123	$10^{-4,40}$	0,756	5,8	-
EIFELQUELLE (Tönisstein)	+ 129	$10^{-4,5}$	0,601	6,2	-
EXTERTALQUELLE (Teutoburgerwald)	+ 151	$10^{-5,04}$	0,173	5,1	-
GEROLSTEINER TAFEL-WASSER (Gerolstein)	+ 138	$10^{-4,72}$	0,362	6,0	-
GEROLSTEINER HEILWASSER (Gerolstein)	+ 138	$10^{-4,72}$	0,362	6,0	0,43 mg F^-/l
GEROLSTEINER SPRUDEL (Gerolstein)	+ 137	$10^{-4,70}$	0,379	6,0	-
GODESBERGER MINERALQUELLE (Bad Godesberg)	+ 89	$10^{-4,01}$	1,856	5,4	1,40 mg F^-/l

Tabelle 8

Mineralwasser	mV	10^{-x} (Mol F^-/l)	ppm F^-	pH	angegeb. F^--Wert
HEPPINGER STILLES WASSER (Heppingen)	+ 102	$10^{-4,14}$	1,376	6,2	-
HUBERTUSQUELLE (Hönningen)	+ 113	$10^{-4,26}$	1,044	6,2	0,65 mg F^-/l
NEUENAHRER HEIL-WASSER (Neuenahr)	+ 96	$10^{-4,07}$	1,617	5,7	0,80 mg F^-/l
NÜRBURGQUELLE (Dreis)	+ 127	$10^{-4,46}$	0,659	6,3	0,67 mg F^-/l
RHEINFELS QUELLE (Walsum)	+ 149	$10^{-4,75}$	0,338	5,4	0,20 mg F^-/l
RHENSER BRUNNEN (Rhens)	+ 98	$10^{-4,09}$	1,544	5,0	-
RHODIUS QUELLE (Bergbrohl)	+ 132	$10^{-4,57}$	0,511	6,1	-
ROISDORFER MINERALWASSER (Roisdorf)	+ 115	$10^{-4,28}$	0,997	5,4	-
RUDOLPHUS QUELLE (Bad Breisig)	+ 105	$10^{-4,19}$	1,227	5,3	-
RUPRECHT QUELLE (Rhens)	+ 98	$10^{-4,09}$	1,544	5,4	-
URBANUS MINERAL-WASSER (Mendig)	+ 122	$10^{-4,38}$	0,792	5,5	-

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die Wasserversorgung des Raumes Bonn wird zu 70 % vom WTV bestritten (Angabe des WTV). Bei diesem Wasser handelt es sich um Oberflächenwasser, das in der Wahnbachtalsperre gesammelt wird und von dort nach der Aufbereitung dem angeschlossenen Wassernetz zugeleitet wird. 14 Trinkwasserproben meiner Untersuchungsreihe entstammen dem WTV, 2 Trinkwasserproben dem ATV. Die Ergebnisse zeigen, daß der Fluoridgehalt des Oberflächenwassers vom WTV und ATV im Vergleich zu den Brunnenwasserproben relativ niedriger lag.

Das Wasser des WTV ergab nicht immer den gleichen Fluoridgehalt, obwohl es sich um ein und dasselbe Wasser handelt. So wurden zum Beispiel für St. Augustin 0,135 ppm F^- und für Eitorf-Rodder 0,08 ppm F^- gemessen. Die Differenz von 0,055 ppm F^- könnte darauf beruhen, daß entweder durch zusätzliche Eigenversorgung aus gemeindeeigenen Brunnen fluoridreicheres Wasser eingespeist wird oder nach Umstellung auf Versorgung durch den WTV aus dem alten Rohrnetz mit seinen Ablagerungen F^--Ionen in das fluoridarme Wasser des WTV abgegeben werden. Meßfehler sind auf Grund von Kontrolluntersuchungen auszuschließen.

Bei Gemeinden, die zur Zeit noch nicht dem WTV angeschlossen sind, wurden 31 Trinkwasserproben aus Brunnen entnommen, eine Wasserprobe entstammte einer Quelle, und eine weitere Trinkwasserprobe wurde in einem Stollen gewonnen.

Die Meßergebnisse zeigen, daß das Quellwasser der "SCHEURENMÜHLE" (St. Augustin) mit 0,629 ppm F^- den höchsten Fluoridgehalt aufweist. Von dieser Quelle werden nur wenige Häuser versorgt, die Anwohner verweisen zwar auf einen hohen Kalkgehalt, jedoch muß dieser nicht mit einem höheren Fluoridgehalt in Zusammenhang stehen.

Die Ortschaft Giesselbach in der Gemeinde Ruppichteroth fällt dagegen durch ein Wasser mit einem äußerst niedrigen Gehalt an Fluoriden auf. Hier wurden nur 0,043 ppm F^- festgestellt. Es handelt sich dabei um einen 2 m tiefen Brunnen, aus dem das Wasser ohne chemische Aufbereitung direkt in das Leitungsnetz des kleinen Ortes eingespeist wird. In Trockenzeiten wird zusätzlich Wasser des WTV bezogen. Die in der Großgemeinde Ruppichteroth nachgewiesenen F^--Werte liegen alle im Vergleich zu sämtlichen anderen untersuchten Trinkwasserproben sehr niedrig. Zugleich sollte nicht unerwähnt bleiben, daß die kleinen Gemeinden bereits Zug um Zug an das Versorgungsnetz des WTV angeschlossen werden.

In der Arbeit von HERMANNS (1963) wurden stichprobenartig auch einige jener Orte erfaßt, in denen ich im Rahmen meiner systematischen Untersuchungen ebenfalls den Fluoridgehalt des Trinkwassers bestimmte. Die Ergebnisse aus dem Jahre 1963 sind mit meinen Meßwerten nur bedingt vergleichbar, weil in der Arbeit zum Beispiel für die Trinkwasserversorgung von Königswinter nur 1 Wert angegeben ist, wogegen nach meinen Feststellungen 4 Brunnen für die Trinkwasserversorgung der Stadt zur Verfügung stehen. Aus diesen 4 Brunnen habe ich Proben bekommen und untersucht. Außerdem dürften die Differenzen auch auf den grossen Zeitraum zwischen beiden Untersuchungen zurückzuführen sein. Schon damals zeigte sich, daß der Fluoridgehalt des Trinkwassers eines Ortes innerhalb mehrerer Monate erheblich schwanken kann, was auch aus den Ausführungen von KAUFMANN und HEESCH (1953) hervorging.

Die Ergebnisse der Untersuchungen der 21 Mineralwässer auf ihren Fluoridgehalt zeigen deutlich, daß die Mineralwässer in der Regel einen wesentlich höheren Anteil an Fluoriden enthalten als die untersuchten Trinkwasserproben. Das "GODESBERGER MINERALWASSER" besitzt mit 1,856 ppm F^- den höchsten Gehalt an Fluoriden. Auch das "NEUENAHRER HEILWASSER" mit 1,617 ppm F^-,

der "RHENSER BRUNNEN" und die "RUPRECHT QUELLE RHENS" mit je 1,544 ppm F^- liegen weit über den Ergebnissen, die ich bei den Trinkwasserproben gemessen habe. In Österreich stellte SCHEMINSKY (nach Angabe von BINDER 1973) in seinem Beitrag: "Geologisch-Hydrogeologische und Mineralogische Untersuchungen an Thermal- und Mineralwässern" fest: "... daß höhere Fluoridgehalte in Mineral- und Thermalwässern auf langer Laufzeit des Wassers und großen erreichten Tiefen beruhen". BINDER (1973) unterstreicht jedoch, daß man grundsätzlich nicht durch das Vorliegen fluoridhaltigen Gesteins auf einen hohen Fluoridgehalt des Wassers schließen könne. Nur die Untersuchung jedes einzelnen Wassers sowie seines Quellgebietes kann eine eindeutige Klärung der Frage bringen, inwiefern die Zusammensetzung des Gesteins Einfluß auf die Wasserqualität hat. Bei meiner Untersuchung fiel dennoch auf, daß gerade 2 Mineralwässer und zwar die "EXTERTALQUELLE" aus dem Teutoburger Wald und das "RHEINFELS" Mineralwasser aus Walsum, die also beide nicht aus der vulkanischen Eifel mit ihrem fluoridhaltigen Gestein stammen, einen besonders niedrigen Gehalt an Fluoriden aufweisen. So enthielt die "EXTERTALQUELLE" nur 0,173 ppm F^- und das "RHEINFELS" Mineralwasser 0,338 ppm F^-.

Bei 7 der untersuchten Mineralwässer war der Fluoridgehalt neben anderen Analysedaten auf dem Flaschenetikett angegeben. Die Werte differierten in den meisten Fällen, indem ich einen höheren Fluoridgehalt nachgewiesen habe. Dieses wird weniger auf die unterschiedlichen Meßverfahren zurückzuführen sein; wahrscheinlich finden die unterschiedlichen Meßwerte ihren Grund darin, daß auch hierbei im Laufe der Zeit Differenzen hinsichtlich des Fluoridgehaltes aufgetreten sind. Nach den auf den Flaschenetiketten angegebenen Untersuchungsdaten liegen die Analysedaten einige Jahre zurück.

Bei dem heutigen Wunsch nach ausgewogener Ernährung gewinnen auch Mineralwässer immer mehr an Bedeutung. In manchen Haushalten werden aus Qualitäts- und Geschmacksgründen große Men-

gen von ihnen verbraucht. So benutzen einige Hausfrauen Mineralwässer zur Zubereitung von Kaffee, Tee oder sogar zur Zubereitung von Speisen. Eine steigende Nachfrage nach Mineralwässern ist gerade in den Sommermonaten zu beobachten. Heilwässer werden nicht nur im Rahmen von Trinkkuren in ihren Ursprungsorten verwendet, sie kommen auch über den Versandhandel, z.B. Apotheken, Drogerien oder auch direkt zum Verbraucher.

Es ist in Erwägung zu ziehen, ob nicht Mineralwässer mit einem höheren Fluoridgehalt gerade in jenen Gegenden mit einem niedrigen natürlichen Fluoridgehalt im Trinkwasser wie zum Beispiel im rechtsrheinischen Bonner Raum und rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreis anstatt anderer Fluoridierungsmaßnahmen bei der Kariesprophylaxe Verwendung finden können.

ZUSAMMENFASSUNG

Zur Aufstellung eines Fluorkatasters für den rechtsrheinischen Großraum Bonn und den rechtsrheinischen Rhein-Sieg-Kreis wurde der Fluoridgehalt des Trinkwassers von 49 verschiedenen Entnahmestellen quantitativ nachgewiesen. Ebenso bestimmte ich den Fluoridgehalt in 21 Mineralwässern. Die Untersuchungen erfolgten mit dem fluoridsensitiven Meßsystem von der Fa. ORION. Bei den Trinkwasserproben lagen die Ergebnisse in einem Bereich von 0,043 ppm F^- bis 0,629 ppm F^-. Die Untersuchung der Mineralwasserproben ergaben Fluoridgehalte von 0,173 ppm F^- bis zu 1,856 ppm F^-.

LITERATURVERZEICHNIS

BELLACK E., SCHOUBOE P.J.	Rapid photometric determination of fluoride in water. Analyt. Chem. 30 (1958) 2032
BINDER K.	Fluoridgehalt des Trinkwassers in Österreich. Mitteilung der Österreichischen Sanitätsverwaltung. 15. Dez. 1973
	Fluoridtabletten in Graz wirkungslos? ZM 9/75
BORCHERT H.	Zur Geochemie des Fluors. Mineralog.Petrogr. 3 . 36 (1953)
BRANDTNER H.	Zur Problematik der Kariesprophylaxe in Gebieten mit erhöhten Fluoremissionen. Öff. Gesundh.Wesen 33,360 (1971)
BROWNLEY F.I., HOWLE C.W.	Spectrophotometric determination of fluoride in water. Analyt. Chem. 32 (1960) 1330
CHOLAK J.	Das Vorkommen von Fluoriden in der Luft, der Nahrung und dem Wasser. J. occup.med. 1 648 (1959)
CROSBY N.T., DENNIS A.L., STEVENS J.G.	An evaluation of some methods for the determination of fluoride in potable waters and others aqueous solutions. Analyst. 93, 643 (1968)
FRANT M.S., ROSS H.W.	Electrode for sensing fluoride ion activity in solution. Science 154, 1553 (1966)
	Use of a total ionic strength adjustment buffer for electrode determination of fluoride water supplies. Anal. Chem. 40, 1169 (1968)
GAD G.	Über die Bedeutung und Bestimmung des Fluors in Wasser . Städtehyg. Heft 12 (1950); Med.Klinik 35 (1950)
GESELLSCHAFT FÜR TOXIKOLOGIE	Journal of toxicology and applied pharmacology. Band 14, Seite 1

HAACK u. ZIMMERMANN — Über den Fluorgehalt von Trinkwasser im rheinisch-westfälischen Industrieraum. Zentralblatt Bakt. Parasit. 158, 304 (1952)

HENKEL G. — Der Fluorgehalt von Trinkwässern aus verschiedenen geologischen Formationen Thüringens. Arch.oral. Biol. 6, 181 (1961)

HERMANNS U. — Untersuchungen über den Fluorgehalt des Trinkwassers im Bonner Raum und im Neuwieder Becken. Med. Diss. 1963

HLUCHAN E., MAYER J. — Colorimetric determination of fluorides. Chemicke Zvesti 17, 569 (1963) Chem. Abstr. 60,3477 g (1964)

HOLM U. — Die guten Vordingborger Gebisse nüchtern gesehen. ZM 24 (1974)

HORNUNG H. — Dt. Stomat. 5, 498 (1955); 7, 336 (1957)

HÜRNY TH. — Fluortablettenkrieg in Österreich FSMZ 427-31 April 1974

JAMES P.M.C. — The assessment and interpretation of fluoridation studies. The Royal Society of Health. London 1970

KAUFMANN H. u. HEESCH A. — Über den Fluorgehalt der Trinkwässer im Lande Nordrhein-Westfalen. Lebensmitt. Untersuch. Forsch. 96, 319 (1953)

KÜNZEL W. — Dtsch. Stomatolog. 18, 300-312 (1968)

Trinkwasserfluoridierung als kollektive, kariesvorbeugende Maßnahme. Berlin 1972

LIM C.K. — An improved reagent for determining fluoride in water. Analyst. Lond. 87, 197 (1962)

MEGRAGIAN S. — A rapid spectrophotometric determination of fluoride with zirconium-eriochrome cyanine R. Analyt. Chem. 26, 1161 (1954)

MEGRAGIAN S., MAIER E.J.	A modified zirconium-alizarine reagent for determining fluoride in water. J.Am. Wat. Wks. Ass. 44, 239 (1952)
NAUJOKS R., Martin A.E.	(Berichterstatter) Europakomitee für das Gesundheitswesen,Arbeitsgruppe über die Probleme im Zusammenhang mit der Durchführung der Trinkwasserfluoridierung in Europa. Öff. Gesundh. Wesen 36, (1974)
PLASSCHAERT A.J.M.	Dtsch. Stomat. 22 (1972)
QUENTIN K.E.	Der Fluorgehalt bayerischer Gewässer. Gesundh. Ing. 78, 329 (1957)
REZAK Z., Ditz J.	Photometric determination of fluoride with thorium-xylenol orange complex. Z. Analyt. Chem. 186, 424 (1962)
SARMA P.L.	Spectrophotometric determination of fluoride by zirconium-eriochrome cyanine R. Analyt. Chem. 36, 1684 (1964)
SAUERWEIN E.	Zahnerhaltungskunde (1972)
SCHAEFFER C.O.	Referat über technische Aspekte der Trinkwasserfluoridierung. Öff.Gesundh.Wes. 36 (1974)
SCHEMINZKY F.	Geologisch-hydrogeologische und mineralogische Untersuchungen an Mineral- und Thermalwässern.
WESPI H.J.	Bullet. schweiz. med. Wiss. Akad. 12, 447 (1956)
	Standard methods for the examination of water and waste water. 12 ed. New York 1965
WHO	Fluorides and human health. WHO monograph series No. 59 Genf 1970

Es ist mir ein Bedürfnis und eine angenehme Pflicht, am Schluß Herrn Professor Dr. W. H O P P E für die Überlassung des Themas, seine Anleitung und die mir stets freundlich gewährte, wertvolle Hilfe meinen herzlichsten Dank zu sagen.

LEBENSLAUF

Am 8.7.1948 wurde ich, Joachim Wegener, als drittes Kind des Facharztes für Gynäkologie und Geburtshilfe, Dr. med. Rudolf Wegener und seiner Frau Gisela, geb. Schulte, in Oberhausen geboren. Ich trat 1955 in die Marktschule ein, die ich 1959 wieder verließ, um das Staatliche Neusprachliche Gymnasium zu besuchen. 1968 schloß ich meine Schulausbildung mit dem Abitur ab. Im gleichen Jahr begann ich ein Praktikum in der Apotheke zum Türmchen in Oberhausen und legte 1970 meine pharmazeutische Vorprüfung ab.

Im Herbst 1972 begann ich mit dem Studium der Zahnmedizin in Bonn. Die naturwissenschaftliche Vorprüfung legte ich im September 1973, die zahnärztliche Vorprüfung im April 1975 ab. Die zahnärztliche Prüfung bestand ich am 13.1.1978.